INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA

BAHIA DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

Curso: Técnico em Química

Disciplina: Química

Analítica Docente: Vitória

Soares

Turma: 8822- G2

FRANCISCO BRAZ DE LIMA E FRANCO DA MATA PERRI GUIMARÃES CATHALÁ

RELATÓRIO N° 1

TITULAÇÃO

Relatório apresentado ao Instituto Federal de Educação
Ciência e Tecnologia da Bahia como critério de
avaliação do componente curricular
Química Analítica - Prática do curso Técnico em
Química sob orientação da professora Vitória Soares

Salvador - 2025

Sumário

RECOMENDAÇÕES ANOTADAS DE VITÓRIA:

-conclusão pra fechar (concluir) os objetivos, só colocar o RESULTADO FINAL

-fazer objetivos, procedimento, etc, tudo como se fosse a mesma prática, sem separar, fazer como se tudo tivesse sido feito no mesmo dia

-fazer procedimento no tempo passado, referindo que a prática já foi feita e na terceira pessoa sempre

-resultados, tratamento e discussão podem ou não estar juntas no mesmo ponto, ou separados, tanto faz

-título da tabela precisa estar claro, não importa se tá grande, precisa dar pra entender sem ler o texto

-deixar tudo que for necessárop em tabela, que precisa ter as unidades referidas

-não se discutirá as intercorrências da prática, das coisas que aconteceram no lab, mas sim os dados de maneira analítica, falar sobre a exatidão, da precisão e no por que foi feito a prática (da padronização e titulação), que NÃO pode ter fundamentação teórica, ou seja, sem explicar o que é padronização, etc.

-na hora de colocar os dados e fazer os calculos, fazer o teste Q, e se necessário tirar algum dado, escrever: “dado o cálculo, o dado não faz parte do conjunto de dados por erro grosseiro”

-colocar as reações ocorridas, que vão ser utilizadas pra fazer os calculos que serão baseados na estequiometria da prórpia, no tratamento de dados

-TOMAR CUIDADO COM ALGARISMOS SIGINIFICATIVOS

1. Objetivos

Determinar a concentração de ácido clorídrico por titulometria de neutralização

detectar o ponto final da reação, através da utilização de um indicador visual; determinar a concentração do HCl por titulometria de neutralização.

Através de métodos volumetricos calcular a concentração a de um ácido ou uma base cujas concentrações exatas são desconhecidas por acidimetria ou alcalimetria

Determinar a concentração exata de soluções aquosas diluídas de ácidos e bases fortes, utilizando-se a titulação;

Utilizar reações químicas (reações de neutralização para determinar a concentração de soluções de ácidos fortes e bases fortes);

• Utilizar indicadores ácido-base para identificar o ponto de equivalência numa titulação;

• Efetuar cálculos envolvendo concentração de soluções

padronizar soluções de NaOH (0,1M) e HCl(0,1M)

1.1 Objetivo geral

• Realizar procedimentos de padronização e titulação ácido-base utilizando indicadores adequados, com o intuito de determinar com precisão a concentração de soluções de HCl e NaOH por meio de titulometria de neutralização.

1.2 Objetivos específicos

• A partir da solução menos concentrada preparada a partir de outra solução padrão primário, avaliar as reações que ocorrem com os indicadores na titulação;

• Utilizar indicadores ácido-base para identificar o ponto de equivalência e ponto final numa titulação de acidimetria e alcalimetria;

• Padronizar a solução de ácido clorídrico (HCl) utilizando uma solução padrão primária de bórax, aplicando nela o indicador vermelho de metila para detecção do ponto final de equivalência da titulação.

• Utilizar a solução de HCl previamente padronizada como solução titulante para a padronização da solução de hidróxido de sódio (NaOH), empregando a fenolftaleína como indicador ácido-base na solução.

- Aplicar corretamente a técnica de titulação, garantindo precisão na leitura dos volumes e na observação das mudanças de cor dos indicadores.

- Calcular a concentração exata das soluções tituladas a partir dos dados experimentais obtidos, aplicando os princípios estequiométricos e cuidando do tratamento estatístico necessário para os valores.

2. Parte experimental

2.1 Materiais e reagentes

A tabela a seguir apresenta todos os materiais e acessórios que foram utilizados na prática de titulação (da padronização do HCl a partir de um primário e padronização do NaOH a partir do secundário), bem como suas respectivas capacidades e quantidades utilizadas.

2.1.1. Tabela 1. Materiais e acessórios utilizados na prática de titulação

Identificação	Capacidade	Quantidade utilizada
Béquer	50 ml	8
Erlenmayer	125 ml	8
Bureta	25 ml	2
Pipeta volumétrica	15 ml	1
Pipeta volumétrica	10 ml	1
Papel toalha	-	2
Suporte universal	-	2
Garra do suporte	-	2
Garra do suporte	-	2

A tabela a seguir apresenta todos os reagentes que foram utilizados na prática de titulação (da padronização do HCl a partir de um primário e padronização do NaOH a partir do secundário), bem como sus respectivas concentrações e quantidades.

2.1.2. Tabela 2. Reagentes utilizados na prática de (nome da prática)

Identificação	Concentração	Quantidade
HCl (ácido cloridrico)	0,08141 mol/L	100 ml
Bórax	P.A	0,6985 g
Água destilada	P.A	~150 ml
Vermelho de metila	-	4 gotas
NaOH(hidróxido de sódio)	0,1 mol/L	65 ml
Fenolftaleína	1% (v/v)	4 gotas

3. Procedimentos

3.1 Padronização da Solução de HCl com Bórax

3.1.1 Cálculo prévio e Preparo da Solução de Bórax

- Calculou-se a massa de bórax ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) necessária para o preparo da solução padrão, considerando a concentração desejada e o volume de solução a ser preparado a partir das proporções da estequiometria da reação.
- Pesou-se a massa obtida em balança analítica, utilizando vidraria limpa e seca.
- A substância foi transferida para um béquer, onde foi dissolvido com 15,00 mL água destilada.
- Daí, foi transferido para um erlenmayer de 125 mL e adicionado 1 gota do indicador vermelho de metila

4.2.2 Titulação do HCl com Bórax

- Lavou-se e ambientou-se uma bureta com a solução de HCl previamente preparada a partir do reagente concentrado.
- A bureta foi preenchida com essa solução e cuidadosamente zerada com o menisco ajustado sobre a marca de 0,00 mL.
- Em um erlenmeyer limpo, adicionaram-se 25,00 mL da solução de bórax, previamente medidos com pipeta volumétrica, e 3 gotas de vermelho de metila.
- Iniciou-se a titulação, gotejando-se o HCl da bureta sobre a solução de bórax com agitação constante, até que a coloração do sistema se aproximasse da da testemunha.
- O processo foi realizado em triplicata, a fim de garantir reprodutibilidade dos resultados.

4.3 Padronização da Solução de NaOH com HCl Padronizado

4.3.1 Preparo do Sistema para Titulação

- Após a padronização do HCl, utilizaram-se 10,00 mL da solução de HCl padronizada, medidos com pipeta volumétrica, os quais foram transferidos para um erlenmeyer limpo.
- Acrescentaram-se 3 gotas de fenolftaleína, que conferiu coloração incolor inicial à solução.

4.3.2 Titulação com Solução de NaOH

- Uma segunda bureta foi lavada e ambientada com a solução de hidróxido de sódio (NaOH) previamente preparada a partir do sólido diluído em água destilada.

- A bureta foi então preenchida com a solução básica e zerada cuidadosamente.

- Procedeu-se à titulação com adição gradual do NaOH à solução ácida, sob agitação constante, até que fosse observada a viragem do indicador para coloração rosa persistente, sinalizando o ponto final.

- A titulação foi realizada quatro vezes, visando garantir consistência e confiabilidade nos dados obtidos.

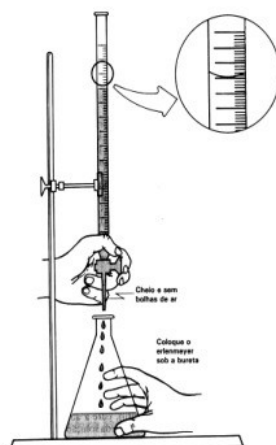



Figura 1: Procedimento adotado na execução de uma titulação.

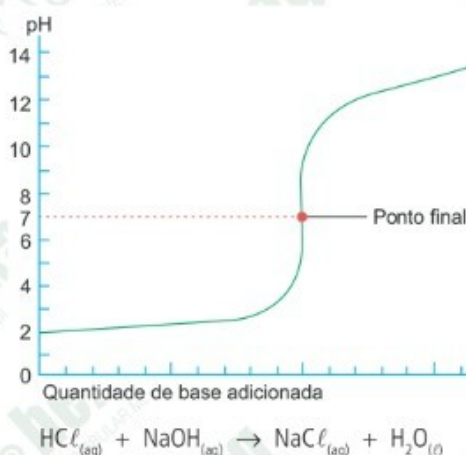
O indicador é uma substância qualquer que, uma vez adicionada ao *erlenmeyer*, indica por meio de mudança de coloração o ponto final da reação; indica, portanto, quando a titulação deve terminar. Os indicadores mais comuns são:

Indicador	Ácido	Base
Tornassol	róseo	azul
Fenolftaleína	Incolor	vermelho
Alaranjado de metila	vermelho	amarelo
Azul de bromotimol	amarelo	azul

Casos possíveis de titulação.

a) **Titulação de ácido forte com base forte**

O sal formado produz solução neutra. Logo, no ponto final, o meio será neutro.

$$HC\ell_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \rightarrow NaC\ell_{(aq)} + H_2O_{(\ell)}$$

Em geral, o pH de viragem dos indicadores está compreendido entre 4 e 10. Portanto, qualquer indicador poderá ser usado.

Na prática, comumente se usa fenolftaleína ou alaranjado de metila.

Esquema da titulação

Habitualmente, a titulação usa uma bureta e um *erlenmeyer*.

Ao abrir a torneira da bureta, ocorrerá a reação entre o ácido e a base.

Depois que o ácido ou a base do *erlenmeyer* for consumido totalmente, a titulação termina (fecha-se a torneira). O sina disso é a mudança de cor da solução no *erlenmeyer*.

Erlenmeyer início {ácido, fenolftaleína, incolor} ⇒ *erlenmeyer* final {ácido consumido, excesso de base, vermelha}

PRINCÍPIO DA TITULOMETRIA

Considere as soluções aquosas A e B.

$$\text{solução } \mathbf{A}: \mathcal{M}_A = \frac{n_A}{V_A}$$

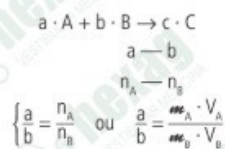
$$\text{solução } \mathbf{B}: \mathcal{M}_B = \frac{n_B}{V_B}$$

Para que a reação entre A e B seja completa, as substâncias devem reagir na proporção indicada pelos coeficientes da equação balanceada:

$$a \cdot A + b \cdot B \rightarrow c \cdot C$$

$$a \text{ — } b$$

$$n_A \text{ — } n_B$$

$$\left\{\frac{a}{b} = \frac{n_A}{n_B} \quad \text{ou} \quad \frac{a}{b} = \frac{\mathcal{M}_A \cdot V_A}{\mathcal{M}_B \cdot V_B}\right.$$

4. Resultados e discussões

Na química analítica clássica, a volumetria é usada para padronizar soluções e determinar suas concentrações com base em padrões primários ou secundários.

Na padronização de uma solução de ácido clorídrico (HCl) ~ 0,1 mol/L, o objetivo é determinar com precisão a concentração da solução de HCl a partir de um padrão primário bem estabelecido como o bórax ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) (e no caso do NaOH, o padrão secundário que era o HCl após ter sua concentração padronizada), esse, por sua vez tem algumas características apropriadas para tal uso, como: alta pureza: pode ser adquirido com grau analítico e com composição bem definida; estabilidade química: Não reage facilmente com o ar ou luz; massa molar alta: reduzindo, em algum grau, o erro relativo na pesagem; reação estequiométrica bem definida com ácidos fortes: quando reage com HCl, a neutralização é clara, completa e perceptível; solubilidade adequada em água: permite preparação de soluções com boa precisão.

A padronização tem intenção de garantir que a solução tanto do HCl quanto do NaOH possa ser usada de maneira mais confiável, assegurando a concentração (e, portanto, outras características físico-químicas) real daquela solução, garantindo a reprodutibilidade e precisão dos resultados para futuros experimentos.

O procedimento em questão, da padronização do HCl, envolve a titulação de uma solução de 15,00 mL de bórax no erlenmayer com a solução de HCl a ser padronizada na bureta. Como dito, a solução de bórax agirá como padrão diretamente como referência para determinar a concentração exata de outras substâncias, como o HCl; essa, por sua vez, foi adicionado vermelho de metila, que possui uma faixa de viragem na faixa de pH de 4,2 a 6,3 (As soluções de vermelho de metila são vermelhas em pH 4,2 tornando-se amarelas em pH 6,3.). Nesse caso, a viragem do indicador de uma coloração amarela para rosa pálido indica que o ponto de equivalência está próximo. O HCl irá interagir com o bórax, quando uma quantidade maior de H+ do que OH- presente na solução, irá ocorrer a mudança de coloração, quando a mudança de coloração for evidente, indica que o pH já está ácido. Ponto de equivalência é alcançado quando a quantidade de HCl adicionada fosse quimicamente equivalente à quantidade de bórax. Usamos então a própria reação do HCl com o bórax para calcular, a partir de uma concentração desejada, a massa do padrão primário necessário para tal ponto.

CÁLCULO PARA MASSA TEÓRICA DO BÓRAX:

$$Na_2B_4O_7 \cdot 10\,H_2O + 2\,HCl \longrightarrow 2\,NaCl + 4\,H_3BO_3 + 5\,H_2O$$

Proporção de 1 do bórax para 2 do HCl (1 mol de bórax reage com 2 mols de HCl), pela lei de conservação de massas e a proporção referida, temos que o nº de mols do bórax será o dobro do nº de mols do ácido clorídrico, sendo assim:

$$2\,n_{bórax} \rightarrow n_{HCl}$$

$$n_{bórax} = \left(\frac{m\,bórax}{MM bórax}\right) \quad \therefore \quad n_{HCl} = C_{HCl} \times V_{HCl} \quad \because \quad C = \left(\frac{n}{V}\right)$$

$$2 \times \left(\frac{m\,bórax}{MM bórax}\right) = C_{HCl} \times V_{HCl}$$

m: massa (g)

MM: massa molar (g/mol)

C: concentração (mol/L)

V : volume (L)

n: número de mols (mol)

$$2 \times \left(\frac{m\,bórax}{381{,}37}\right) = 0{,}1000 \times 0{,}01200$$

$$m\,bórax = \frac{0{,}1000 \times 0{,}01200 \times 381{,}37}{2}$$

$m\,bórax$ = 0,228822 g

$m\,bórax \approx 0{,}2288\,g$

Esse cálculo foi feito em uma aula de pré-lab junto com uma docente e foi esse o valor encontrado em conjunto e usado para a prática de todos os discentes nessa mesma prática. Porém, precisamos entender uma importante falha nesse valor, a pureza do bórax. A massa do bórax encontrada está relacionada a 99% de pureza (pureza do material usado), então, para obter a massa equivalente aos 100%, é necessário fazer uma regra de três para encontrar o valor da massa que precisamos usar do bórax 99% para equivaler a mesma quantidade se fosse usado o 100%:

$$\frac{0{,}2288\,g}{x\,g} = \frac{99\%}{100\%}$$

$$x \approx 0{,}2311\,g$$

Entendemos, então, que essa é a massa teórica de bórax para realizar as soluções pensando na concentração desejada de 0,1000 mol/L do HCl e o volume de 12 ml a ser padronizado (esse que foi calculado a partir da noção de usar 50% do volume da bureta que seria usada, a de 25 ml, logo 50% de 25 ml=12 ml). Impurezas afetam cálculos estequiométricos: reações químicas dependem da quantidade exata dos reagentes para produzir a quantidade esperada de produto. Essas, não participam (ou participam de forma indesejada) da reação principal, o que significa que a massa total de um material não é toda composta pela substância ativa, por isso a importância de calcular essa "correção" para assegurar que toda massa esteja participando efetivamente da reação estequiométrica para a neutralização

Mas como o cálculo da concentração leva em conta o valor obtido na pesagem e não o teórico, de nada vai surtir efeito negativo sob a prática ter sido feita baseada no valor anterior a esse encontrado. Até por que, percebemos, pelos valores de massa do bórax a aproximação dos valores pesados com o esperado.

Tabela 3 – Dados obtidos da padronização da solução de HCl para cálculo da [HCl]

N⁰ DE TITULAÇÕES	MASSA DO BÓRAX (g)	VOLUME ESCOADO HCL (mL)	CONCENTRAÇÃO DO HCl (mol/L) ([HCl])
1	0,2300	14,80	0,08149
2	0,2288	14,74	0,08140
3	0,2397	15,46	0,08134

CÁLCULOS DAS CONCENTRAÇÕES ENCONTRADAS DO HCl (mol/L) (A partir da titulação)

1) Cálculo concentração HCl da 1ª titulação:

$2 \times \left(\frac{0,2300}{381,37}\right) = ¿$

$C_{HC1} \times 0,01480$

$C_{HCl\,1} = \left(\frac{2 \times 0,2300}{381,37} \times \frac{1}{0,01480}\right)$

$C_{HCl\,1} \approx 0,08149$ mol/L

2) **Cálculo concentração HCl da 2ª titulação:**

$2 \times \left(\frac{0,2288}{381,37}\right)$

$= C_{HCl\,2} \times 0,01474$

$C_{HCl\,2} = \left(\frac{2 \times 0,2288}{381,37} \times \frac{1}{0,01474}\right)$

$C_{HCl\,2} \approx 0,08140$ mol/L

3)**Cálculo concentração HCl da 3ª titulação:**

$2 \times \left(\frac{0,2397}{381,37}\right)$

$= C_{HCl\,3} \times 0,01546$

$C_{HCl\,3} = \left(\frac{2 \times 0,2398}{381,37} \times \frac{1}{0,01546}\right)$

$C_{HCl\,3} \approx 0,08134$ mol/L

↪ Cálculo da média dos valores de concentração:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Xi}{n} \quad \text{ou} \quad \frac{X1 + X2 + \ldots + Xn}{n}$$

$\bar{X}$ = média dos valores encontrados (X_i)

X_i = valor encontrado (individual)

n = número de repetições do procedimento

$$\bar{X} = \frac{0{,}08149+0{,}08140+0{,}08134}{3}$$

$\bar{X}$ = 0,08141 mol/L

Tabela 4 – Resultados da padronização do HCl: Dados das concentrações calculadas para o cálculo do desvio e do quadrado do desvio para tratamento estatístico (s, s^2, CV)

CONCENTRAÇÃO HCl (mol/L) (X_i)	**Desvio $X_i - \bar{X}$ (mol/L)**	**Quadrado do desvio $(X_i - \bar{X})^2$ $(mol/L)^2$**
0,08149	8×10^{-5}	$6{,}4 \times 10^{-9}$
0,08140	-10×10^{-5}	10^{-8}
0,08134	-7×10^{-5}	$4{,}9 \times 10^{-9}$
Média aritmética ($\bar{X}$)	0,08141 mol/L	
Somatório do quadrado do desvio [$\Sigma (X_i-\bar{X})^2$]	$2{,}13 \times 10^{-8}$ $(mol/L)^2$	
Desvio padrão (s)	± 0,001	
Variância (s^2)	$1{,}065 \times 10^{-8}$	
Coeficiente de Variância (CV)	0,1228%	

↪ Cálculo do desvio padrão de concentração:

Fórmula do Desvio Padrão (s):

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{2{,}13 \times 10^{-8}}{3-1}}$$

S ≈ 0,0001

↪ Cálculo da variância (S^2) de concentração:

Fórmula para variância (S^2):

$$S^2 = \frac{\sum (Xi - \overline{X})^2}{n-1}$$

$$S^2 = \frac{2{,}13 \times 10^{-8}}{2}$$

$S^2 = 1{,}065 \times 10^{-8}$

↪ Cálculo do Coeficiente de Variância (CV) da concentração:

Fórmula do Coeficiente de Variância (CV):

$$CV = \left(\frac{s}{\bar{x}}\right) \times 100$$

$$CV = \left(\frac{0{,}0001}{0{,}08141}\right) \times 100$$

CV = 0,1228%

Tendo em vista que a concentração teórica esperada da solução era de 0,1 mol/L e que tivemos a média da concentração calculada em 0,08141 mol/L (o que está abaixo da concentração teórica), as discrepâncias encontradas entre o valor da concentração teórica e a experimental podem se explicar a alguns fatores: erros de

manipulação durante o preparo da solução, imprecisões no volume medido para o preparo da solução, a volatilização do HCl, enquanto o preparo da solução ocorria, o HCl pode ter absorvido o dióxido de carbono (CO_2) do ar, formando ácido carbônico (H_2CO_3), o que alterará sua concentração ao longo do tempo. Que também foi um importante fator para explicar essa diferença, o tempo, a solução foi preparada e a titulação do HCl só foi realizada tempos depois (2 ou 3 semanas) e o do NaOH que ainda esteve mais suscetível a perdas pois demorou ainda mais tempo desde o preparo, tudo isso confere perca por processos físicos e químicos. Além da higroscopicidade do bórax, que é uma substância com facilidade de absorver a umidade do ar. Isso pode alterar a massa efetiva dele, o que faz com que a quantidade de bórax utilizada seja maior do que a esperada levando a um volume maior de HCl para alcançar o ponto de equivalência, além das próprias discrepâncias (mesmo que pequenas) na pesagem, levando diferença das massas obtidas do padrão primário com o valor teórico. Quanto a precisão e exatidão, nós podemos afirmar que nossos valores de concentração do HCl e do NaOH (principalmente os do ácido clorídrico) estão precisos, porém com baixa exatidão, visto que os valores de concentração das 3 triplicatas estão próximos entre si, porém, em alguma medida, distante do valor “verdadeiro”.

5. Conclusão

A realização das padronizações na presente prática teve como finalidade assegurar a confiabilidade e a exatidão dos dados obtidos nos processos titulométricos, com ênfase na determinação precisa da concentração das soluções de ácido clorídrico (HCl) e hidróxido de sódio (NaOH). Ambas as substâncias, embora amplamente utilizadas em análises ácido-base, não apresentam características que as qualifiquem como padrões primários, exigindo, portanto, a realização de padronizações prévias antes de seu uso em procedimentos analíticos quantitativos.

A solução de HCl utilizada foi inicialmente preparada a partir de um reagente comercial concentrado. Contudo, o HCl concentrado apresenta limitações importantes, como volatilidade significativa, higroscopicidade e presença de impurezas ou variação de teor, o que compromete a precisão na determinação direta de sua concentração por simples diluição. Por essa razão, foi necessária a padronização dessa solução por meio da titulação com bórax ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$), um composto que atende aos critérios estabelecidos para um padrão primário, incluindo elevada pureza, estabilidade, ausência de higroscopicidade, massa molar bem definida e comportamento estequiométrico previsível em reações de neutralização com ácidos fortes. A reação do bórax com o HCl ocorre de forma completa e mensurável, possibilitando a determinação precisa da concentração da solução ácida com base em cálculos estequiométricos.

A partir do momento em que a concentração do HCl foi determinada com exatidão por meio da reação com o padrão primário bórax, esta solução passou a ser considerada um padrão secundário. Com isso, foi possível utilizá-la para a padronização da solução de NaOH, que também apresenta problemas quanto à confiabilidade de sua concentração inicial. O hidróxido de sódio, ainda que preparado a partir do sólido, não pode ser considerado um padrão primário em virtude de sua natureza fortemente higroscópica, instabilidade frente à absorção de dióxido de carbono atmosférico e possíveis impurezas em sua forma sólida. Esses fatores tornam necessário o uso de uma solução previamente padronizada (neste caso, o HCl padronizado) para que se possa obter com precisão a concentração efetiva do NaOH preparado.

Portanto, a sequência de padronizações — inicialmente do HCl com o padrão primário bórax, e posteriormente do NaOH com o padrão secundário HCl — foi essencial para garantir a rastreabilidade metrológica, a confiabilidade analítica e a validade dos resultados obtidos nas titulações realizadas. Essa abordagem é coerente com os princípios da química analítica clássica, assegurando que os dados obtidos possam ser interpretados com segurança e utilizados em cálculos posteriores com base em concentrações conhecidas e verificadas experimentalmente.

6. Referências

Como referenciar livros (ABNT): SOBRENOME DO AUTOR, Nome do autor. Título da Obra. Número da edição.ed. Cidade: Editora, ano.

Como referenciar sites (ABNT): autor (pessoa ou organização); local de publicação, se houver (não é o site); data de publicação, se houver; endereço eletrônico (URL) entre <>; data de acesso ao site.

Como referenciar artigos (ABNT): ÚLTIMO NOME, Primeiro nome do autor do artigo. Título do artigo. Título da Revista, local de publicação, volume do exemplar, número do exemplar, p. (página inicial e final do artigo), mês, ano de publicação. Disponível em: <link>.

7. Anexo

Colocar as imagens referentes a prática que forem mencionadas no texto como “em Anexo”.

OBS: Só devem ser colocadas no Anexo imagens que não sejam necessárias para compreensão do texto. Caso a imagem seja importante para compreensão do texto, ela deve estar presente no corpo do mesmo.